

# 심박과 언어를 활용한 특정 장소에 대한 인간의 감정 유추 연구

## A study on the human emotion infer in meaningful place using HRV signal and text mapping

박 상선

Sangsun Park

성균관대학교

휴먼 ICT 융합학과

Dept. of Human ICT

Convergence

Sungkeunkwan Univ.

sangsun0203@gmail.com

정 동녜

Dongnyuk Joung

성균관대학교

휴먼 ICT 융합학과

Dept. of Human ICT

Convergence

Sungkeunkwan Univ.

limpidtomcat@gmail.com

노 지영

Jiyoung Noh

성균관대학교

휴먼 ICT 융합학과

Dept. of Human ICT

Convergence

Sungkeunkwan Univ.

janle@naver.com

조 준동

Jundong Cho

성균관대학교

휴먼 ICT 융합학과

Dept. of Human ICT

Convergence

Sungkeunkwan Univ.

jdcho@skku.edu

### 요약문

본 연구는 웨어러블 디바이스를 통해 인간의 감정을 측정하는 연구와 연결되는 선행 연구로서 핵심 주제는 인간의 감정을 측정하기 위해 HRV 데이터를 사용하여 사용자에게 보다 유사한 감정을 유추하는 것이다. 접근한 실험법은 다양한 장소와 분위기의 공간을 사용자에게 투영하고 그에 따라 변화하는 사용자의 심박에 의한 감정을 분류하여 사용자의 감정을 유추한다. 실험 후 다시 사용자가 실험 중 본 사진에 대한 느낌을 5 점 척도로 설문 하였고, 분석된 실험 결과와 대조하여 사용자가 이러한 감정을 느낀 것이 맞는지 확인 하였다.

### ABSTRACT

This research is the device and Bio-data mining to infer the emotions of the human study. In order to measure the human emotions, the HRV data of human is very important and easy way to obtain the Bio-Data. By classifying emotions by heartbeat of the user to be projected to the user space and atmosphere different locations varies accordingly, the experimental method accessed estimates the emotion of the user.

It validated that the experiment after the user questionnaire with 5 point scale. After the experiment ended. We compared the results of a survey with the inferred emotion. In experimental results it made 5<sup>th</sup> emotion reflected user intention.

### 주제어

HRV, Emotion Measure, Bio-Data, Smart Healthcare

### 1. 연구 배경 및 목적

비약적인 컴퓨터 관련 기술과 센서 기술의 발달에 따라 인간과의 컴퓨터의 상호관계에서 인간의 감정 측정 컴퓨팅에 대한 기대가 커지고 있다. 이러한 패러다임의 변화는 인간의 생체, 활동, 패턴등을 고려한 내외적 정보를 활용하여 사용자가 원하는 적시 적때에 자연스러운 서비스를 제공하는 것으로 인간과 컴퓨터간의 인터페이스를 제공하는 것에 초점을 맞추고 있다.

이러한 변화에 따라 급 성장하고 있는 스마트 헬스케어 분야는 의료 서비스 패러다임을 변화시키고 있다. 현재 스마트 헬스케어 분야는 피트니스/웰니스 시장을 중심으로 성장하고 있으나 향후 건강관리서비스 영역을 넘어 진단, 수술 및 치료 부문에도 확대 적용될 예정이다. 이러한 배경으로 스마트 기기와 센서 기술을 통해 일상에서 생성되는 자신의 생체 데이터를 정량적으로 수치화하여 건강을 관리하려는 “Quantified Self”(수치된 자아라는 뜻으로 정량적 수치에 기초한 건강관리) 트렌드의 확산이 주목 받고 있다. [1]

### 2. 문헌 연구

인간의 감정을 파악함에 있어 EEG, ECG, HRV 등 다양한 생체 데이터를 활용하여 측정하는 방법들이

연구 되고 있다. 본 연구에서는 웨어러블 디바이스화 할 수 있도록 언제 어디서나 가장 쉽게 측정이 가능한 생체 데이터인 심박 변이도(HRV : Heart Rate Variation)에 초점을 맞추었다. HRV 는 두뇌와 심장 연결계의 건강 상태를 알려주는 생체 데이터 의 기본적인 척도로 일반적으로는 스트레스에 대한 저항성 정도를 측정하는 중요한 수단이 된다. 심장 박동은 다양한 건강 상태를 측정하는 주요한 생체 지표로서 호흡, 자세, 호르몬, 혈압등의 영향에 따라 심장 박동의 상승 또는 하강하는 시간과 정도가 변화한다. 이러한 심장 박동의 변화를 통해 스트레스를 측정하거나 현재 상태를 유추하는 등 다양한 방법으로 활용 되고 있다.

C. Jing 의 ECG 를 활용한 감정 측정 연구에 따르면 ECG 를 통한 데이터 측정과 데이터 분류로 94.59%의 정확도로 슬픔과 즐거움의 2 가지 상반된 감정 상태를 파악하는 것이 가능하다.[2] K. H. Kim 의 짧은 시간의 생체 데이터 모니터링에서 EEG 를 통한 감정 측정 연구에 따르면 60 개의 실험군에서 데이터 측정과 분류로 85.3%의 정확도로 3 가지 분류의 감정 상태를 파악 하는 것이 가능하다.[3]

자율 신경계는 체 내외의 환경변화에 의해 체내의 균형을 유지 하도록 하는 Homeostasis(신체 항상성) 을 유지 하도록 한다. 이러한 자율 신경계는 교감 신경과 부교감 신경에 함께 분포되어 길항작용을 함으로써 신체의 균형을 이룬다. 자율 신경계의 직접적인 영향을 받는 신체 기관 중에 심혈관계는 심장, 호흡, 혈관 운동과 함께 상호 작용하며 매우 중요하며 복잡하게 구성 되어 있다. 자율신경계의 반응으로 활성화 되는 교감 신경계는 뇌간에 위치하며 노르에피네프린이 분비되어 혈당과 심박, 혈압을 증가 시키는데 이러한 경우 불안이 증가하고, 각성과 경계를 향상시킨다.[4]

HRV 의 측정은 특정 주파수의 파형이나 분당 심박 수와 같은 다양하고 복잡한 양상으로 나타나며 주요한 생체 지표 중 하나이다. 따라서, 이러한 HRV 의 패턴 분석은 인간의 상태를 관찰 하기 위해 사용 할 수 있다. HRV 의 일반적인 분석 방법으로는 통계적 방법, 기하학적 방법, 주파수의 패턴 분석 방법이 있다. [5]

### 3. 연구 개요 및 방법

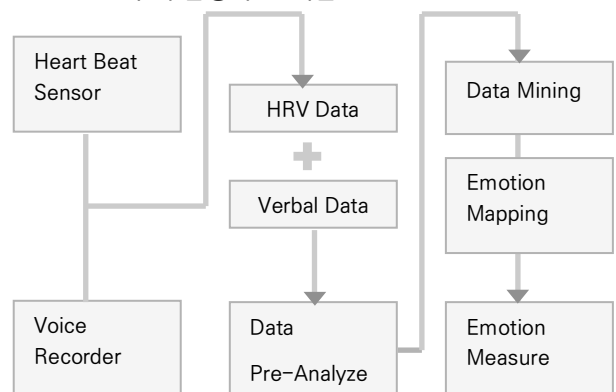
#### 3.1. 연구 개요

본 연구는 기존의 연구들을 바탕으로 도출된 결과를 바탕으로 일반적으로 스트레스 지수를 판별하기 위해 사용되는 HRV 와 음성 분석을 이용하여 인간의 감정을 유추를 위한 생체 데이터로 활용하고자 한다.

HRV 의 분석은 단순한 심장 박동의 수를 보는 것이 아니라 심장의 박동이 발생하는 시간 간의 간격을 복합적인 QRS 파형에 의해 결정된다. QRS 파형 중에 R 파가 가장 크고 명확한 변화 양상을 보이는데 이러한 이유로 다양한 연구 분야에서 R 파를 분석하여 활용한다. R 파의 일반적인 구체적인 분석은 R-R interval 으로 도출이 가능한데 분석된 값은 체내/외부 환경의 변화에 따라 끊임없이 변화한다. 일반적인 HRV 분석 연구는 이러한 R 파를 활용한 심박의 주기적인 변화를 HRV 로 규정하여 연구한다.[6]

HRV 측정은 비침습적이고 일반적인 ANS(Autonomic Nervous System) 측정 방법이며 심박의 0.15 Hz 이상의 주파수를 변화하며 표현된다. 성인의 경우 HRV 의 HF(High Frequency)의 값이 0.15 ~ 0.5 Hz 사이에서 표현 되며 이러한 부교감 신경의 증감률로 감정 상태를 유추해 낼 수 있다. [7]

표 1. 본 연구의 감정 추론 개념도



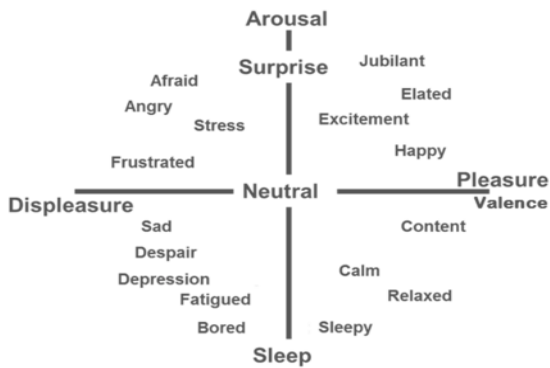
본 연구의 목적은 인간이 장소에 대한 감정이나 느낌을 달리 갖는 것을 분류 하여 동의 하는지를 알아 보고자 하는 것으로 HRV 와 감정 언어를 포함한 데이터로 인간의 감정 상태를 추론 하고자 한다.

현재 감정 인식 분야에서 일반적으로 사용되는 인간의 감정 추론 모델로는 크게 두가지가 있다. 첫째, 인간의 감정을 선호-부정, 활동성-비 활동성의 2 차원 영역으로 표현한 Valence-arousal Model 과 즐거움, 놀라움, 두려움, 공포, 화남, 슬픔 등의 대표 감정을 선정하여 접근하는 방법이다. Valence-arousal Model 의 경우 인간의 감정 상태를 연속적으로 표현하여 다양한 감정을 선정할 수 있는

장점이 있지만 다양한 감정 부사, 형용사를 적용하기 어려운 문제가 있다. 대표 감정을 선정하는 방법은 이에 비해 감정의 표현이 명확하지만 다양한 기초 데이터간의 상관관계를 정의하기 어려운 문제가 있다.

Russell의 Valence-arousal Model과 대표 감정을 선정하는 방법을 혼합하여 본 연구의 방향에 맞도록 변형하여 사용하였다.[8]

표 2. Russell's arousal-valence emotion model



### 3.2. 연구 방법

본 연구가 제안하는 감정 판별 분류는 표 3과 같다.

표 3. 본 연구에서 유추하고자 하는 5가지 감정 분류

| 척도 | 1    | 2     | 3     | 4    | 5      |
|----|------|-------|-------|------|--------|
| 크기 | 슬픈감정 | -     | 보통    | -    | 기쁜감정   |
| 감정 | 슬프다. | 쓸쓸하다. | 평온하다. | 즐겁다. | 매우기쁘다. |

## 4. 실험 설계

### 4.1. 실험 개요

본 연구의 HRV를 통한 감정 도출은 심박이 크게 박동하는 정도와 다시 안정화 되는 간격으로 파악하였다. 따라서, 본 연구는 장소의 분위기 변화에 따른 감정 상태를 추론 하는 것과 모든 사용자의 감정 정보를 수집하여 전체 사용자의 일반적인 감정 정도를 나타내는 것이다. 또한, 수집된 감정 정도는 장소에 따른 일반적인 감정 수준을 정하며 다시 개인의 감정에 가중/가감치를 적용하여 보다 정확한 감정 수준을 판별하도록 해준다.

### 4.2. 실험 절차

실험자는 통제된 환경에서 피험자에게 장소에 대한 사진을 보여 주고 10초간 해당 사진을 설명 해준다. 그동안 해당 피험자의 HRV를 측정하고, 그에 따라

분류된 이모티콘을 해당 사진에 매칭 한다. 사용자는 3분간 해당 사진의 장소에 대한 스토리텔링을 하도록 하여 해당 사진에 대한 평가를 5점 척도에 의해 평가 한다. 이후 5개의 다른 장소에 대한 사진을 보여준다. 실험 종료 후 피험자가 사진을 보고 체크한 결과와 실험자가 데이터를 통해 분류한 결과와 대조한다.

그림 1. 실험에서 제시한 5개의 장소 사진



### 4.3. 실험 장비 구성

실험 장비 구성은 피험자의 신체에 장착하여 생체 데이터를 수집하는 Polar사의 T34 착용형 무선 맥박 센서와 측정된 데이터를 컴퓨터에 수집하기 위한 아두이노 우노, T34 맥박 센서 리시버이다. 수집된 데이터를 컴퓨터로 저장하기 위한 시리얼 통신 소프트웨어로는 프로세싱을 활용하였으며, 그와 동시에 데이터 시각화로 실시간 모니터링을 할 수 있도록 하였다.

그림 2. 프로토타이핑용 아두이노와 무선 리시버

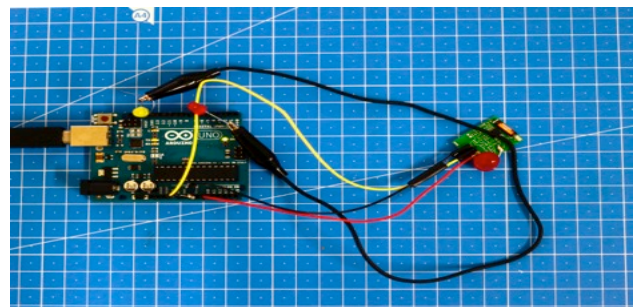


그림 3. Polar T34 착용형 무선 심박계



#### 4.4. 실험 장비의 데이터 검증

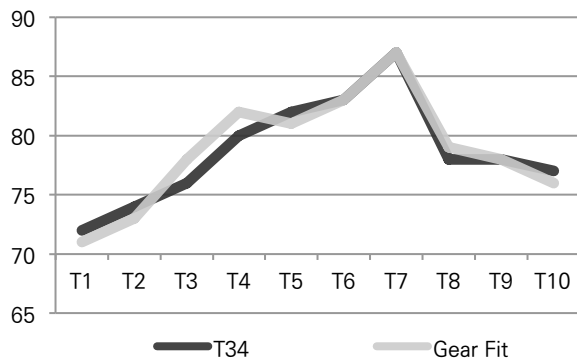
문헌 연구와 기술 자료 기초 조사를 통해 제작된 프로토타이핑 장비가 오류 없이 정상 작동을 하는지 확인하기 위해 본 프로토타이핑 장비와 삼성 갤럭시 기어 핏 제품의 운동 보조 기능을 사용하여 실시간으로 BPM 을 대조 확인하였다.

그림 4. 갤럭시 기어 핏의 BPM 값과 비교 검증



약 10 분간 동시에 착용 후 검증한 결과는 표 4 와 같이 두 데이터가  $\pm 0.2$  BPM 의 오차 범위의 BPM 데이터 값을 나타내었다.

표 4. 데이터의 비교로 검증된 BPM 값

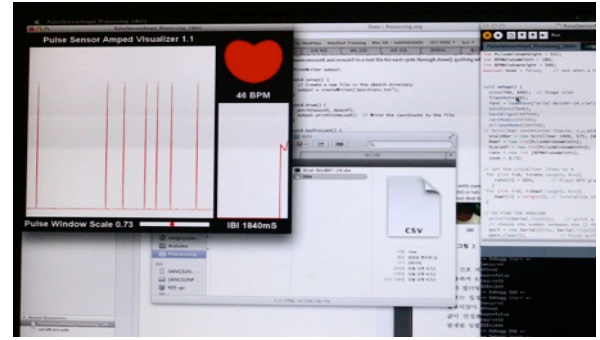


갤럭시 기어 핏 제품과 본 연구의 프로토타이핑 실험 장비의 BPM 이 큰 오차 없이 정상 적인 맥박 수치를 나타내고 있음을 검증하였다.

#### 4.5. 감정 데이터 분석 방법

본 실험에서 사용된 소프트웨어는 Pulse sensor Amped Visualizer v1.1 으로 오픈 소스 코드로 공개된 프로세싱용 소프트웨어이며 본 연구의 목적에 맞추어 코드 및 데이터 추출이 가능하도록 수정하였다.

그림 5. 본 연구에서 사용된 Pulse Sensor Amped Analyzer



##### 4.5.1. 데이터 분석

###### (1) BPM

$$BPM = \frac{T (R_{1s} + R_{60s})}{60 Sec}$$

###### (2) R-R interval

$$R_i R_{i+1} = R_{i+1} - R_i$$

###### (3) IBI(Inter-beat interval)

$$IBI = \frac{1}{N-1} (R_i R_{i+1} - RR)$$

###### (4) 감정 산출

$$B.E = \frac{Max BPM + Min BPM}{2} \times 0.25$$

\*B.E = Bio-data Emotion

BPM 의 변화 폭은 감정의 변화 크기를 판단하며 이를 토대로 생체 신호의 감정의 데이터화를 추론한다.

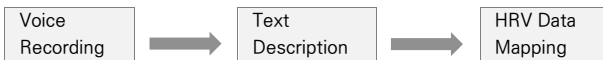
$$V.E = \frac{E.K + E.F}{2} \times 0.25$$

생체 신호로 추론된 감정 데이터는 데이터에 기반한 것으로 실제 인간의 감정을 파악하기에는 어렵다. 따라서 피험자의 장소에 대한 스토리 텔링에서 감정 키워드를 분석하여 가감/가중치 데이터를 추가 적용한다.

#### 4.5.2. 언어 분석

실험과 동시 수행되는 피험자 음성 기록은 삼성 갤럭시 노트 2의 녹음 기능을 사용하여 디지털 음성 파일로 저장하였다. 기록된 음성 파일은 다음과 같은 절차를 거쳐서 분석된다.

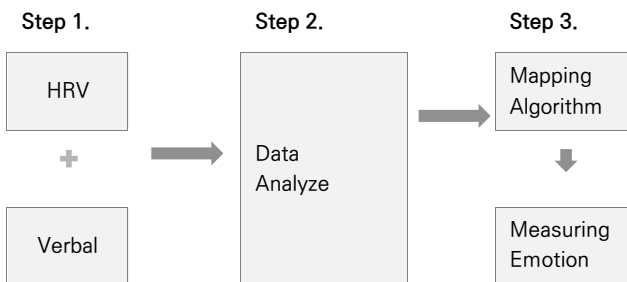
표 5. 피험자의 실험 중 언어 가중치 데이터 매핑 방법



감정 측정의 가중 데이터로 활용하기 위해 수집된 피험자의 언어 스크립트는 다시 감정 표현 단어들을 추출하여 시간 축에 대입한다. 시간 축에 대입된 감정 가중/가감치를 부여하여 최종 감정 상태를 판별한다.

본 연구에서 수행하는 심박과 언어 데이터의 결합과 분석의 개념도는 표 6 과 같다.

표 6. 기초 데이터의 결합 개념도



언어 분석을 위한 맵핑형 알고리즘은 언어 스크립트에서 감정 표현의 단어를 추출하여 해당 시간의 심박에 따른 감정 지수에 가중/가감치를 부여하게 된다. 본 실험에서는 음성에서 언어형 스크립트로 변환하여 감정 단어를 추출하기 까지 과정을 실험자가 수동으로 작성하고 HRV 데이터에 수치를 적용하여 도출하였다.

정서 단어 분류를 통한 정서의 구성 차원 및 위계적 범주에 관한 연구의 연구 결과에서 한국인의 대표적

감정 단어에 대한 조사와 분류를 하였는데 이를 토대로 본 연구의 감정 단어의 분류 영역을 지정하였다. [9]

위 연구의 감정 단어의 분류를 본 연구의 목적에 맞추어 수정한 단어 목록은 표 7 과 같다.

표 7. 5 가지 감정의 언어적 분류

| 척도 | 1   | 2   | 3     | 4   | 5   |
|----|---|---|-------|---|---|
| 크기 | 슬픈감정  | -   | 보통    | -   | 기쁜감정  |
| 감정 | 슬프다.<br>섬뜩하다,<br>소름끼치다,<br>두렵다, 무섭다,<br>겁나다, 약오르다,<br>알뜰다, 질투하다,<br>반감을 느끼다,<br>밉다, 증오하다,<br>혐오하다,<br>신경질나다,<br>화나다, 역겹다,<br>싫다, 분노하다,<br>분하다, 경멸하다,<br>격분하다,<br>불쾌하다, 배신감<br>느끼다, 원망하다,<br>불만이다,<br>짜증나다,<br>억울하다,<br>실망하다, 좌절감<br>들다. | 쓸쓸하다.<br>쓸쓸하다, 외롭다,<br>서럽다, 서운하다,<br>속상하다, 슬슬하다,<br>소외감느끼다,<br>우울하다, 상실감<br>느끼다, 지루하다,<br>당혹하다, 황당하다,<br>놀라다, 부끄럽다,<br>쑥스럽다, 민망하다,<br>창피하다,<br>수치스럽다,<br>애틀하다, 평하다,<br>그림다, 불쌍하다,<br>속은하다, 애처롭다,<br>안타깝다, 연민을<br>느끼다, 미안하다,<br>아쉽다, 걱정하다,<br>심란하다, 착잡하다,<br>답답하다, 불안하다,<br>비참하다, 참담하다,<br>불행하다, 절망하다,<br>괴롭다, 좌절하다,<br>허무하다, 허탈하다,<br>허전하다, 후회하다,<br>체념하다, 초조하다,<br>서글프다, 슬프다 | 평온하다. | 즐겁다.<br>사랑스럽다,<br>사랑하다,<br>고맙다, 반갑다,<br>설레다,<br>다행스럽다,<br>안도하다,<br>감격하다,<br>감동하다,<br>감탄하다,<br>황홀하다,<br>흐뭇하다,<br>흥족하다,<br>부듯하다,<br>편안함, 공지를<br>느끼다, 성취감<br>느끼다,<br>보람차다,<br>자랑스럽다,<br>영광스럽다,<br>희망을 느끼다,<br>행복하다,<br>부럽다 | 매우기쁘다.<br>재미있다, 즐겁다, 신나다,<br>유쾌하다, 흥겹다,<br>열광하다, 환희를 느끼다,<br>통쾌하다, 기쁘다,<br>후련하다 |

## 5. 결론

### 5.1. 실험 결과

본 연구의 실험 결과는 아래와 같다.

표 8. 실험 1 의 시간 흐름에 따른 BPM 데이터

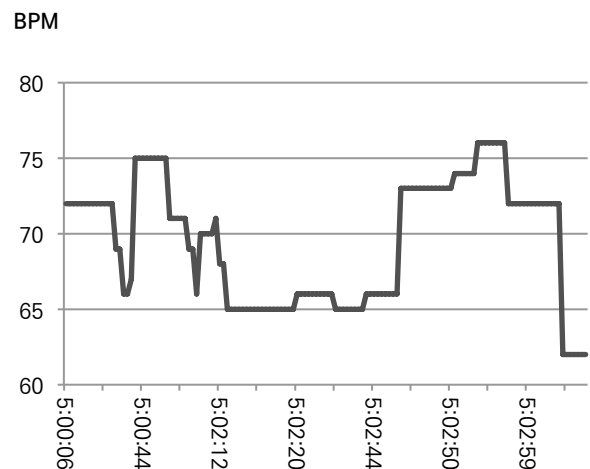


표 9. 실험 1의 시간 흐름에 따른 분석된 감정 데이터

감정 분류 척도

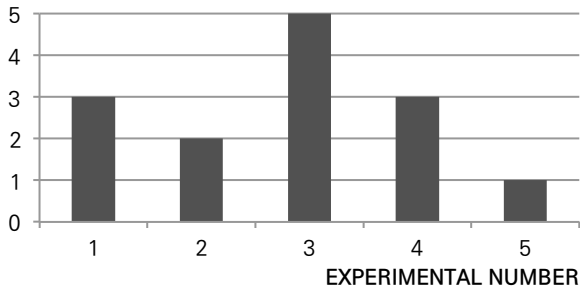


표 10. 시험 1의 시간 흐름에 따른 언어 가중치 데이터

감정 분류 척도

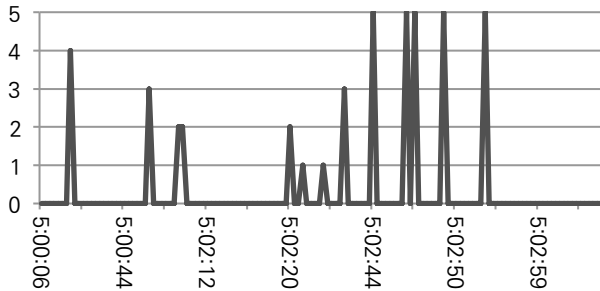
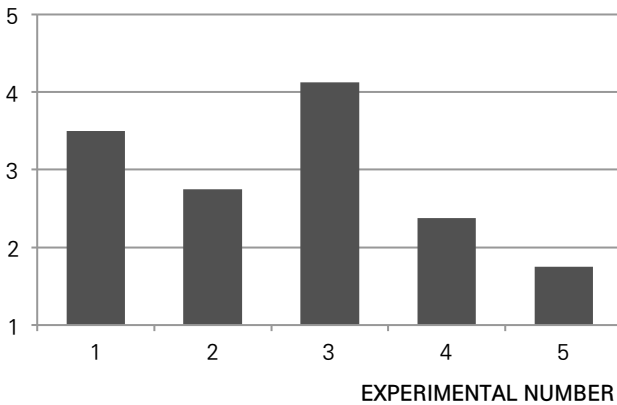


표 11. 추론된 전체 감정 데이터 결과값

감정 분류 척도



| EXPERIMENTAL NUMBER | Picture | HRV  | Verbal | Emotion Value | Inferred Emotion | Survey Emotion |
|---------------------|---------|------|--------|---------------|------------------|----------------|
| 1                   | 경복궁     | 4.50 | 2.50   | 3.50          | 평온하다.            | 평온하다.          |
| 2                   | 현충원     | 4.50 | 1.00   | 2.75          | 슬프다.             | 슬프다.           |
| 3                   | 놀이동산    | 4.25 | 4.00   | 4.13          | 즐겁다.             | 매우 즐겁다.        |
| 4                   | 백두산천지   | 2.00 | 2.75   | 2.38          | 슬프다.             | 평온하다.          |
| 5                   | 비행기사고   | 3.75 | -0.25  | 1.75          | 슬프다.             | 매우 슬프다.        |

## 5.2. 결과 분석

총 5 개의 실험에서 피험자에게 제시된 사진은 각 기 다른 맥락을 가진 사진으로서 피험자에게 스토리 텔링을 요구 할 경우 감정 단어가 되도록 많이 나타나도록 설정된 사진이다. 표 10 의 HRV 분석 결과 값으로 실험 전반부와 후반의 스토리 텔링을 하는 피험자의 감정 변화가 중반 부에 비해 상대적으로 큼을 알 수 있다. HRV 의 데이터 수집 후 분석 결과 HRV 를 이용하여 피험자의 흥분 정도 측면의 결과 분석에 HRV 데이터가 유용함을 검증하였으나 실험 설계 중 예상했던 가정과 같이 좋은 감정과 나쁜 감정의 변화 폭이 비슷하기 때문에 이러한 HRV 데이터만 가지고 감정을 분석하기에는 어려움이 있었다. 따라서, 언어적 스크립트를 이용하여 흥분의 정도에 따라 감정의 가중치를 부여 하는 것에 유용함을 보였으며, 평온한 감정과 슬픈 감정의 판별에 대한 오류가 있었지만 전반적으로 높은 수준의 일치률을 보였다.

## 6. 논의 사항 및 향후 연구 과제

본 연구는 기존의 생체 데이터를 통한 감정의 분류를 보다 간소화한 HRV 를 통한 사용자의 간략한 감정 측정을 하였다. 기존의 연구들에서 생체 데이터를 활용한 감정 측정은 아직 실제 감정에 가까운 측정이 어렵기 때문에 본 연구는 장소에 대한 사용자가 느끼는 감정을 보다 유사하게 매칭 하는 방법을 사용하였다. 또한, 실험 중 스토리텔링을 하는 피험자의 음성을 토대로 감정을 도출해 내는 데이터 분석의 가중치로 사용하는 방법을 시도 한 것은 다른 연구와 다른 차별점이라고 볼 수 있다.

이러한 맵핑형 측정 방법은 더 많은 데이터를 확보 할 수록 통계적으로 근사한 분류를 갖기 때문에 더 많은 데이터를 확보 할 경우 보다 많은 사람들에게 더 정확한 감정 측정을 부여 할 것이다. 본 연구의 결과는 비록 다양한 실험 환경과 실험 표본을 증가시켜 실험하지 못하여 통계적으로 유의미한 결과를 찾지 못한 한계점을 가지며 통제된 환경하에 실험된 결과로 실제 웨어러블 디바이스와 결합한 형태로 측정/분류를 하였을 때에는 다른 결과가 나타날 수 있다. 또한, 사용자가 자신의 감정을 드러내는 것을 싫어 하거나 측정된 결과와 다른 감정을 나타내려 할 수 있다. 이러한 사용자의 의견을 반영하여 차후 본 연구가 반영된 감정 기반 서비스에서 감정 분류의 자동과 수동의 자유를 부여 할 것 인지에 대한 부분을 더 고민 해 보아야 할

것이다. 또한, 차후 연구에서는 이러한 한계점을 보완하고 각 각의 장소에 대한 감정 데이터를 일반화하고 이를 다시 결합한 데이터 체인으로 구성된 다음 다시 사용자의 감정 데이터와 비교 하여 감정을 추론해 내는 알고리즘에 대한 연구를 포함 하여야 할 것이다.

## 참고 문헌

1. 정혜실, 헬스케어 웨어러블 디바이스의 동향과 전망, KHIDI Brief Vol.115, 2014
2. C.Jing, The Research on Emotion Recognition from ECG Signal, 2009
3. K. H. Kim et al, Emotion Recognition system using short-term monitoring of physiological signals, 2004
4. 최환석, 스트레스평가 방법으로서의 HRV의 이용, 스트레스연구, 제13권 제2호, 2005
5. Marek Malik et al, Heart rate variability : Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use, European Heart Journal 17, 354-381, 1996
6. Juha-Pekka Niskanen et al, Software for advanced HRV analysis, Computer Method and Programs in Biomedicine, 76 73-81, 2004
7. Miu AC, Heilman RM, Miclea M. Reduced heart rate variability and vagal tone in anxiety, auton Nerosci 145: 99-103, 2009
8. Russell, J.: A circumplex model of affect. Journal of Personality and Social Psy-chology 39(6), 1161-1178, 1980
9. 이준웅, 송현주, 나은경, 김현석, 정서 단어 분류를 통한 정서의 구성 차원 및 위계적 범주에 관한 연구, 한국언론학회 52권 1호, 2008

## 기타

Analyzing for HRV Signal Open Source code,  
Pulse sensor Amped Visualizer v1.1,

[https://github.com/WorldFamousElectronics/PulseSensor\\_Heart-Rate-Variabilty](https://github.com/WorldFamousElectronics/PulseSensor_Heart-Rate-Variabilty)

## 사사의 글

이 논문은 2013 년도 정부(산업통산자원부)의 재원으로 국가산업융합진흥센터의 지원을 받아 연구되었음.

This research was supported by the Ministry of Trade, Industry and Energy(MOTIE), KOREA, and Korea National Industrial Convergence Center(KNICC) through the Special Education program for Industrial Convergence.